



## [12] 发明专利申请公开说明书

[21] 申请号 88101216.5

[51] Int.Cl<sup>4</sup>

H02M 5/42

[43] 公开日 1989年9月20日

[22] 申请日 88.3.6

[71] 申请人 陕西机械学院

地址 陕西省西安市金花南路

[72] 发明人 钟彦儒 金东海

[74] 专利代理机构 陕西机械学院专利事务所

代理人 许泽鹏 杨引雪

H02P 7/63

说明书页数: 7 附图页数: 10

[54] 发明名称 采用微处理器的脉宽调制逆变器控制装置

## [57] 摘要

本发明用于控制交-直-交逆变器, 对交流异步电动机进行变频调速。采用 8085CPU 等 8 位微处理器集成电路元件组成。可产生使电动机脉动转矩最小的优化 PWM 控制信号。可对死区时间  $t_d$  (逆变器同一桥臂两只功率元件延迟导通时间) 引起的逆变器输出电压、电流波形畸变进行补偿, 补偿电路只包括电动机一相电流的过零点检测, 其余功能由应用软件完成。

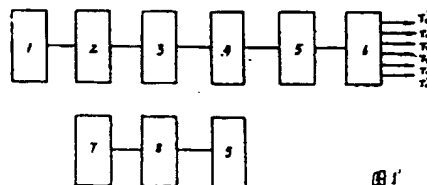
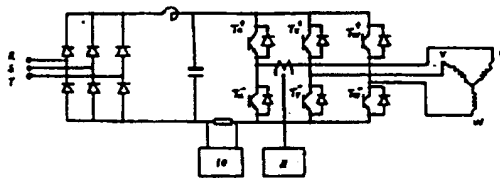


图 1

BEST AVAILABLE COPY

&lt; 44 &gt;

1. 一种采用微处理机的 PWM 逆变器控制装置, 其特征在于: 设计了一种优化的 PWM 控制模式, 这种最优化是将 PWM 逆变器与所驱动的交流异步电动机作为一个整体考虑时所得到的, 优化的结果是使电动机旋转时的震动最小, 即脉动转矩最小, 本装置采用 8085 CPU, 8155、8212、2732、8253 等集成电路组成一个最小微机系统, 编制了应用程序, 可产生最优化的 PWM 控制的信号, 采用对标准 PWM 控制信号修正的方法, 来补偿由于死区时间  $t_d$  而引起的逆变器输出电压、电流波形畸变, 由于设计了应用程序, 使得只须检测电动机的一相电流过零点便可以达到对三相进行补偿的效果。

2. 根据权利要求 1 所述的 PWM 逆变器控制装置, 其特征在于采用给定电路、A/D 转换电路、8085 CPU、8253 计数器、死区时间  $t_d$  形成电路、GTR 驱动电路、8155 接口电路、2732 EPROM、6116 RAM 组合而成。

3. 根据权利要求 1、2 所述的 PWM 逆变器控制装置, 其特征在于采用主程序、中断子程序 SUB 75 等应用程序来配合硬件电路, 在线计算 PWM 模式, 完成交频控制, 并且防止了在  $n = f_c/f_0$  切换时可能产生的电动机的冲击。

4. 根据权利要求 1 所述的 PWM 逆变器控制装置, 其特征在于具有一个由单稳态集成元件 74LS123、集成 D 触发器 74LS74 和与门、或非门组成的  $t_d$  形成电路, 单稳元件 74LS123 控制 74LS74 D 触发器的翻转, 使其 Q 端产生一个与 D 端波形相同但滞后  $t_d$  的信号, 用与门和或非门组合 Q 端波形与 D 端波形, 可以形成逆变器同一桥臂上两个 GTR 的控制信号, 带有滞后时间  $t_d$ , 调节单稳态电路的 R、C 参数可以改变  $t_d$  的大小。

5. 根据权利要求1所述的P W M逆变器控制装置,其特征在于提出一种新的补偿由于死区时间 $t_d$ 引起的电压、电流波形畸变的方案。该方案具有只对电动机一相电流的过零点进行过零检测的硬件电路,和根据对称性对电动机其余两相电流的过零点进行计算的应用程序。

6. 根据权利要求1、5所述的P W M逆变器控制装置,其特征在于对死区时间 $t_d$ 引起的电压、电流波形畸变进行补偿时,采用对所产生的标准P W M控制信号修正的方法。即当电动机电流(以u相电流 $i_u$ 为例) $i_u < 0$ 时,修正所产生的u相P W M信号 $y_u$ ,将其后沿向前移动 $t_d$ 宽度,当 $i_u > 0$ 时,修正 $y_u$ 的前沿,将其前沿向前移 $t_d$ 宽度。由补偿死区时间 $t_d$ 的应用程序完成对 $y_u, y_v, y_w$ 的修正。

7. 根据权利要求1、6所述的P W M逆变器控制装置,其特征在于对死区时间 $t_d$ 引起的电压、电流波形畸变进行补偿时,采用了在子程序S U B 7 5中判断 $i < 0$ 或 $i > 0$ ,根据P H A S的值和子程序S U B 7 5中断的次数,来判断是 $y_u$ (或 $y_v, y_w$ )的前沿或后沿,取出T A B L E中的计数值,减去 $t_d$ 后写入8 2 5 3计数器,完成修正 $y_u, y_v, y_w$ 的工作。

## 采用微处理器的脉宽调制逆变器控制装置

本发明属于可变频率的交流——直流——交流变换器，用于对交流电动机的变频调速。

本发明是对由可关断的电力电子元件组成的三相逆变器进行脉冲宽度调制 (Pulse Width Modulation) 的微处理器控制装置。组成逆变器的电力电子元件可以是大功率晶体管 (GTR)、门极可关断晶闸管 (GTO) 或场效应晶体管 (MOSFET)。

本发明也可用于不停电电源 (UPS) 或太阳能发电的 PWM 逆变器，产生符合用户要求的 PWM 控制信号。

在本发明做出之前，已有多种 PWM 逆变器控制装置发表。如：1. 日本特许公报 (B2) 昭 59-8152，正弦波逆变器 (正弦波インバ—タ)；2. Y. 村井，具有开关延迟时间的 PWM 逆变器的波形畸变与其校正电路，IEEE-IAS-1985 年会论文集 P. 436 (Y. Murai, Waveform Distortion and Correction Circuit for PWM Inverters With Switching Lag-times, Conference Record P. 436, IEEE-IAS-1985 Annual Meeting)。

本发明设计了一种优化的 PWM 控制模式 (Pattern)，这种最优化是将 PWM 逆变器与所驱动的交流异步电动机作为一个整体考虑时所得到的，优化的结果是使电动机旋转时的震动最小，即脉动转矩最小。本发明采用 8085 CPU、8155、8212、2732、8253 等集成电路组成一个最小微机系统，编制了应用程序，可产生最优化的 PWM 控制信号。采用对标准 PWM 控制信号修正的方法，来补偿由于

死区时间  $t_d$  ( 为防止同一桥臂上两个 G T R 同时导通而使欲开通的一个 G T R 延时导通的时间也写作 *Deadtime* ) 而引起的输出电压、电流波形畸变。由于设计了应用程序, 使得只须检测电动机的一相电流过零点便可以达到对三相进行补偿的效果, 这也是在以前各发明中所未见的。由于本发明对死区时间  $t_d$  补偿, 使得电动机在低速运转时的性能得到提高。

本发明采用 8 0 8 5 0 P U 及其他 8 位微处理机接口集成电路, 实现对三相交流异步电动机的最优控制。

该控制信号通过驱动器驱动组成逆变器的电力电子元件, 如 G T R, 使逆变器输出频率为 3 ~ 6 0 H Z ( 频率分辨率为 0. 2 5 H Z ) 和 3 ~ 1 2 0 H Z ( 频率分辨率为 0. 5 H Z ) 的三相交流电压, 该电压可直接驱动三相交流异步电动机。输出的交流电压有效值  $V$  与输出频率  $f$  的关系, 按电动机负载的不同要求, 可按附图 2 的两种方式选择。附图 2 -  $a$  ) 适用于恒转矩负载, 附图 2 -  $b$  ) 适用于风机和泵类的负载。

由于采用专用集成电路与 8 2 5 3 计数器相配合, 可以产生符合最优化要求的 P W M 信号, 并使得实现这一功能的硬件费用减至最少。

附图 1 是本发明的工作原理框图。其中 1 是给定电路, 2 是 A / D 转换电路, 3 是 8 0 8 5 0 P U, 4 是 8 2 5 3 计数器, 5 是 *Deadtime* 形成电路, 6 是 G T R 的驱动电路, 7 是 8 1 5 5 接口芯片, 8 是 2 7 3 2 E P R O M, 9 是 6 1 1 6 R A M, 1 0 是瞬时过流的检测与保护电路, 1 1 是电动机电流检测电路。

附图 2 是 P W M 逆变器输出电压  $V$  与输出频率  $f$  之间的关系图, 使用时可在  $a$  ) 和  $b$  ) 间任一选择。

附图 3 是对本发明依据的计算公式说明。

附图 4 是本发明应用程序中主程序的流程图。

附图5是应用程序中中断服务程序SUB 75的流程图。

附图6是主程序中防止在 $N=f_s/f_o$ 切换时电动机发生冲击的程序流程图。

附图7是死区时间 $t_d$ 形成的原理图。

附图8是死区时间 $t_d$ 对电压波形畸变影响的说明。

附图9是本发明对死区时间 $t_d$ 补偿的原理说明。

附图10是本发明补偿死区时间 $t_d$ 的有关程序流程图。

附图是本发明一实施例。现结合附图对本发明的工作原理加以说明：  
本发明按式(1)计算PWM的模式：

$$(1) \begin{cases} \Delta t' = 2\sqrt{3} \frac{V_m V_{dc}}{\omega_1} \sin \frac{\Delta \varnothing}{2} \sin \left( \frac{\pi}{3} - \varnothing - \frac{\Delta \varnothing}{2} \right) \\ \Delta t'' = 2\sqrt{3} \frac{V_m V_{dc}}{\omega_1} \sin \frac{\Delta \varnothing}{2} \sin \left( \varnothing + \frac{\Delta \varnothing}{2} \right) \\ \Delta t''' = \frac{T - \Delta t' - \Delta t''}{2} \end{cases}$$

其中 $T$ 是载波的 $\frac{1}{3}$ 周期， $\Delta t'$ 、 $\Delta t''$ 分别是所选择的两个非零空间电压矢量（在附图3中是 $V_0$ 和 $V_2$ ）在 $T$ 内持续的时间， $\Delta t'''$ 是两个零空间电压矢量 $V_0$ 和 $V_7$ 分别在 $T$ 内的持续时间。 $\Delta \varnothing = \omega_1 T$ ， $\omega_1$ 为PWM逆变器输出电压中基波角频率。 $V_m$ 为PWM逆变器输出相电压基波的最大值， $V_{dc}$ 为PWM逆变器直流输入电压值。

由式(1)计算出的 $\Delta t'$ 、 $\Delta t''$ 、 $\Delta t'''$ 适合于产生 $60^\circ$ 内的三相PWM脉冲。但只要在每 $60^\circ$ 内选择不同的空间电压矢量，便可以形成完整的 $360^\circ$ 三相PWM脉冲。在应用程序中设置了一个标志PHAS（PHAS=6, 5, 4, 3, 2, 1）来区分一个周期中的6个 $60^\circ$ ，各个PHAS中有相应的空间电压矢量与之对应，在附图5的中断服务程序SUB 75中表示了按PHAS选择空间电压矢量。

本发明的应用程序主要包括主程序（流程图为附图4）与中断服务程序SUB 75（流程图为附图5）。下面结合附图4、附图5，对主程序和中断服务程序的功能说明如下：在主程序中通过A/D转换电路2读入给定的频率值 $f_0$ ，然后按(1)式计算出 $60^\circ$ 内的各个 $\Delta t'$ 、 $\Delta t''$ 、 $\Delta t'''$ ，再转换成计数器8253对应的计数值，控制8253计数输出PWM脉冲。所计算的8253的计数值，存贮在RAM中的表格TABLE 1或TABLE 2中。TABLE 1或TABLE 2之一是当前工作的TABLE，另一是备用TABLE，供新的计数值写入。中断服务程序SUB 75在每 $1/2f_s$ （ $f_s$ 为逆变器的载波频率）内执行一次，按PHAS值选择空间电压矢量，也就是选择8253的通道，将TABLE中的计数值装入所选择的8253通道，8253计数后产生PWM脉冲。

如果给定频率 $f_0$ 变化，新的计数值将在主程序中计算出并写入备用TABLE中，并将标志READY置1来通知子程序SUB 75。在每 $60^\circ$ 的最后一次中断程序SUB 75中检测READY是否为1，如果READY=1，则将备用TABLE更换为工作TABLE，完成输出电压频率的切换。TABLE 1与TABLE 2交替为工作TABLE。

本发明中载波频率 $f_s$ 与输出电压频率 $f_0$ 之间是同步的，并且二者之比 $N=f_s/f_0$ 随 $f_0$ 变化。 $N=3(2n+1)$ ， $n=0, 1, 2, \dots$ 可自动选择。为防止在变频过程中N切换时频率变化不连续而电动机发生冲击，设计了防冲击程序，如附图6所示。

上述的PWM逆变器控制装置，其特征在于采用主程序、中断子程序SUB 75等应用程序来配合硬件电路，在线计算PWM模式，完成变频控制，并且防止了在 $N=f_s/f_0$ 切换时可能产生的电动机的冲击。

为了防止逆变器同一桥臂上两只GTR同时导通，对PWM脉冲附

加延时导通时间（也称死区时间） $t_d$ 是必须的。本发明具有一个由单稳态集成元件 74LS123、集成 D 触发器 74LS74 和与门、或非门组成的  $t_d$  形成电路，如附图 7-a）所示，附图 7-b）是其工作原理说明。单稳元件 74LS123 控制 74LS74 D 触发器的翻转，使其 Q 端产生一个与 D 端波形相同但滞后  $t_d$  的信号，用与门和或非门组合 Q 端波形与 D 端波形，可以形成逆变器同一桥臂上两个 GTR 的控制信号，带有滞后时间  $t_d$ 。调节单稳态电路的 R、C 参数可以改变  $t_d$  的大小。

为了防止桥臂的短路，死区时间  $t_d$  是必不可少的。但  $t_d$  的引入也带来逆变器输出电压、电流波形畸变的问题，附图 8 用以说明  $t_d$  引起的逆变器输出电压波形畸变。附图 8-a）中 12 是逆变器，13 是电动机，14 是  $t_d$  形成电路，15 是 PWM 控制器，PWM 控制器 15 产生最优化 PWM 脉冲  $y_u$ 、 $y_v$ 、 $y_w$ ，经 14 后形成带有  $t_d$  的  $y'_u$ 、 $y'_v$ 、 $y'_w$ ，再经功率驱动电路（图 8-a）中未画出）去驱动逆变器中 GTR 的基极。逆变器输出的理想电压波形应与控制器 15 的输出  $y_u$ 、 $y_v$ 、 $y_w$  形状相同，如附图 8-b）所示。但是当  $t_u < 0$  时，当 GTR  $T_u^+$  从导通变为关断， $T_u^-$  从关断到导通时会产生输出电压波形畸变，如附图 8-b）所示。这是因为  $T_u^+$  虽关断，但  $t_u < 0$  经续流二极管  $D_u^+$  形成通路，输出电压仍是  $+E$ 。直至经过  $t_d$  后  $T_u^-$  导通，输出电压才变为 0。这样输出电压就在后沿增加了宽度为  $t_d$ ，高为  $E$  的一块面积。当  $t_u > 0$  时，在  $T_u^-$  从开通到关断， $T_u^+$  从关断到开通，输出电压波形也会发生畸变。因为  $t_u > 0$ ， $T_u^-$  虽关断，但  $D_u^-$  续流，输出电压仍是 0，直至  $T_u^+$  导通输出电压才变为  $+E$ ，其前沿缺少宽度为  $t_d$ ，高为  $E$  的一块面积。电压波形畸变必然引起电流的畸变，造成电动机运转时震动增加。 $t_d$  引起的波形畸变程度与 PWM 逆变器的载波比  $N$



$= f_c / f_0$  有关。载波比  $N$  越大,  $t_d$  引起的波形畸变越严重。 $t_d$  的大小也直接与波形畸变程度相联系。所以常用二者乘积  $N \cdot t_d$  来描述  $t_d$  引起的波形畸变程度。若不对  $t_d$  引起的电压畸变进行补偿, 则电动机在低速运转时会产生很大的震动与噪音。

在已经发表的对  $t_d$  进行补偿的方案中 (日本特许公报 (B2) 昭 59-8152, 正弦波逆变器, Y. 村井, 具有开关延迟时间的 PWM 逆变器的波形畸变与其校正电路, IEEE-IAS-1985 年会论文集 P. 436), 都需要增加两部分硬件: 1. 对三相电流  $i_u$ 、 $i_v$ 、 $i_w$  进行过零检测的装置, 包括电流互感器与过零检测电路。2. 根据  $i < 0$  或  $i > 0$  修正  $y_u'$ 、 $y_v'$ 、 $y_w'$  控制信号的电路。本发明针对上述发明电路复杂、制造成本高而提出一种新的补偿由于死区时间  $t_d$  引起的电压、电流波形畸变的方案。在本发明中: 补偿电路的硬件部分是只对电动机一相电流的过零点进行过零检测的过零检测电路。根据对称性, 电动机其余两相电流的过零点用编制的应用程序计算出。这样电流过零检测部分的成本可减少 67%; 采用对标准 PWM 控制信号修正的方法, 对  $y_u'$ 、 $y_v'$ 、 $y_w'$  的修正在程序中实现。如附图 9、附图 10 所示。完全省去了相应的硬件电路, 节省了此部分费用。在达到同样补偿效果的情况下, 本发明只保留了必不可少的一相电流过零检测电路。因而成本低。

本发明对死区时间  $t_d$  引起的电压、电流波形畸变进行补偿, 是采用对所产生的标准 PWM 控制信号修正的方法。即当电动机电流 (以  $u$  相电流  $i_u$  为例)  $i_u < 0$  时, 修正所产生的  $u$  相 PWM 信号  $y_u$ , 将其后沿向前移动  $t_d$  宽度。当  $i_u > 0$  时, 修正  $y_u$  的前沿, 将其前沿向前移  $t_d$  宽度。这样, 本发明产生如附图 8-c) 所示的  $y_u$ 、 $y_v$ 、 $y_w$  控制信号, 加上  $t_d$  后为  $y_u'$ 、 $y_v'$ 、 $y_w'$ , 去控制逆变器。对  $t_d$  补偿后的结果如图 8-c) 所示。

附图9为 $N = fs/fo = 9$ ，逆变器输出电流 $i$ 滞后的相位角 $\varphi = 30^\circ \sim 90^\circ$ 情况下，按本发明的对标准PWM控制信号修正的方法，对PWM控制信号 $y_u$ 、 $y_v$ 、 $y_w$ 的前、后沿修正的说明。在检测到 $i_u$ 过零点后，根据程序中的标志PHAS与子程序SUB75中断的次数可以确定 $i_v$ 、 $i_w$ 的过零点。控制写入8253的计数值即可以使 $y_u$ 、 $y_v$ 、 $y_w$ 的前沿或后沿移动，输出如附图8—c)所示的信号。

本发明不对TABLE中的数据进行修正，而是在子程序SUB75中判断 $i < 0$ 或 $i > 0$ ，根据PHAS的值和SUB75中断的次数，来判断是 $y_u$ （或 $y_v$ 、 $y_w$ ）的前沿或后沿，取出TABLE中的计数值，减去 $td$ 后写入8253计数器。完成修正 $y_u$ 、 $y_v$ 、 $y_w$ 的程序如附图10所示。

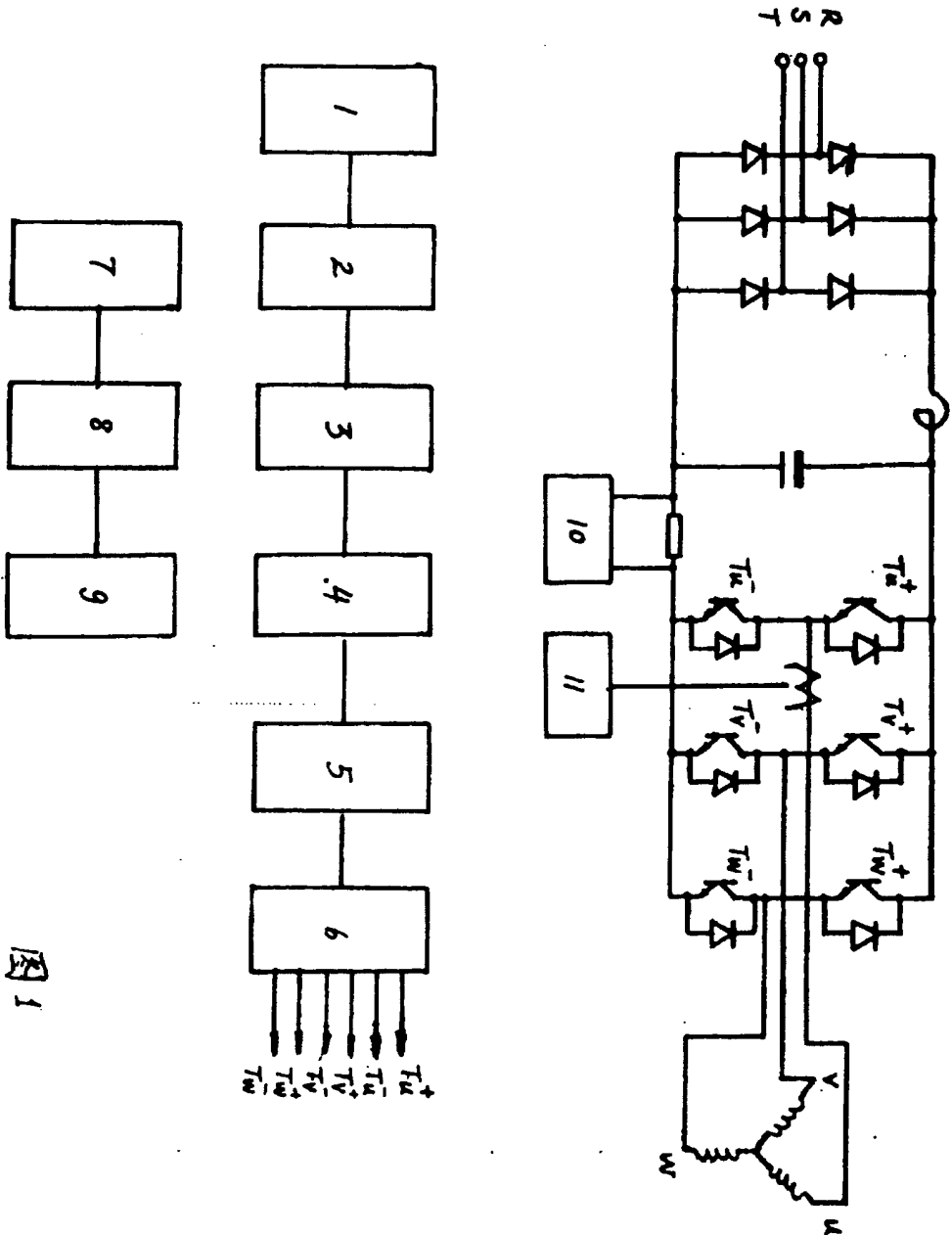
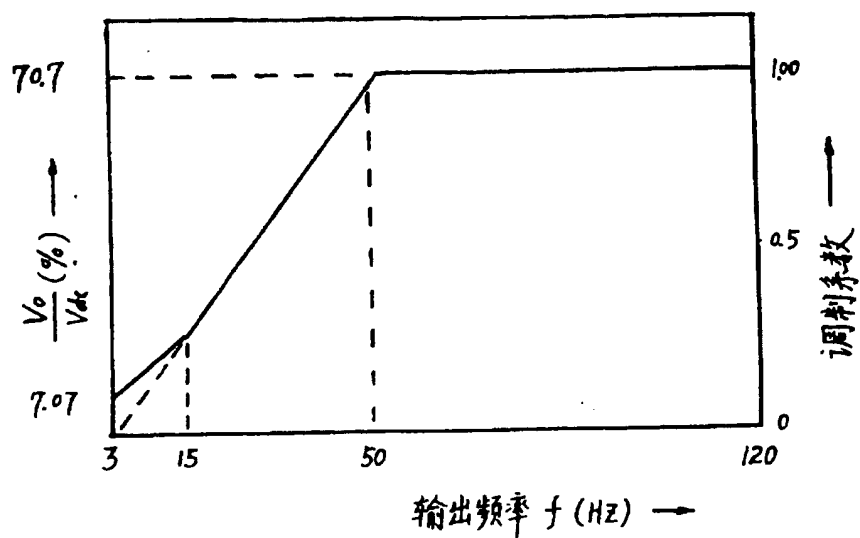
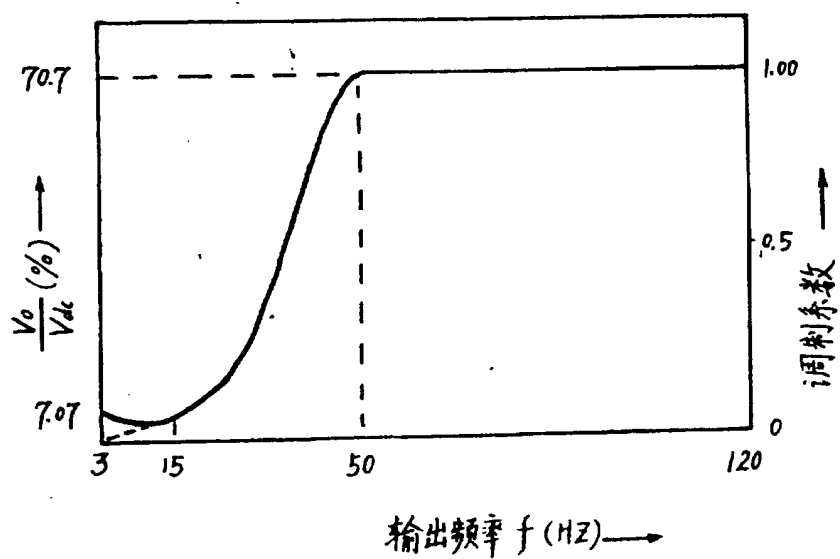


图 1



a)



b)

图 2

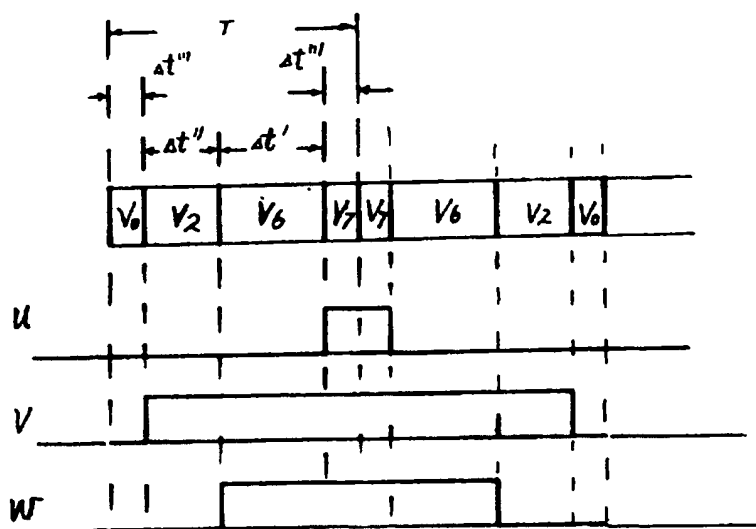
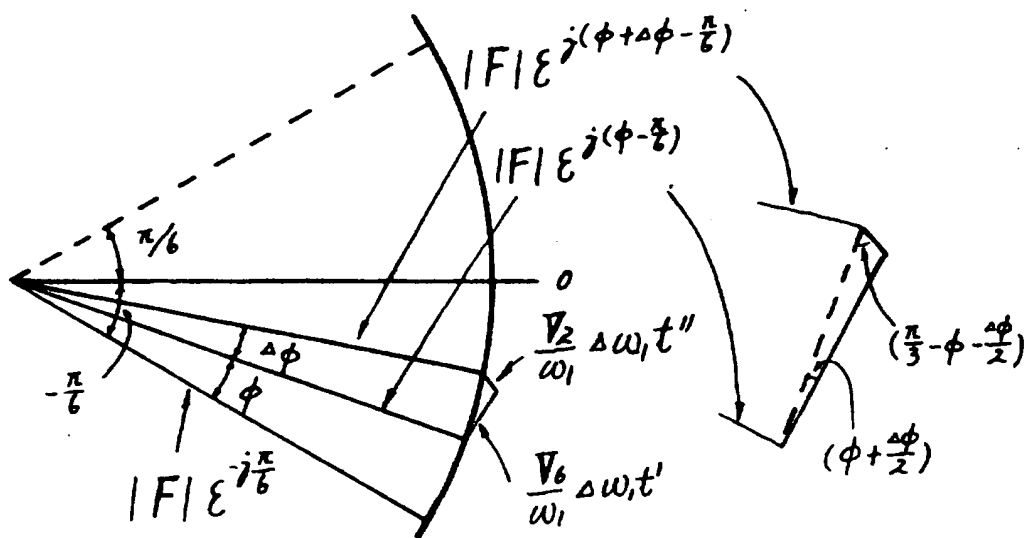


图3

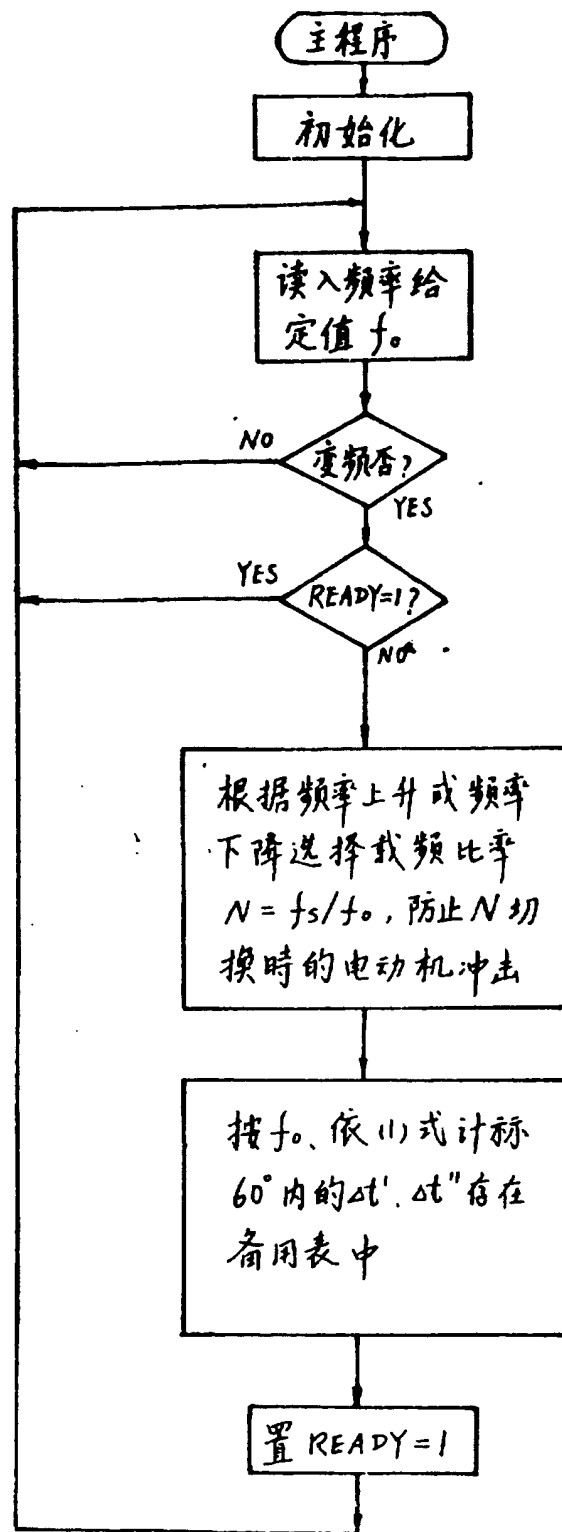


图 4

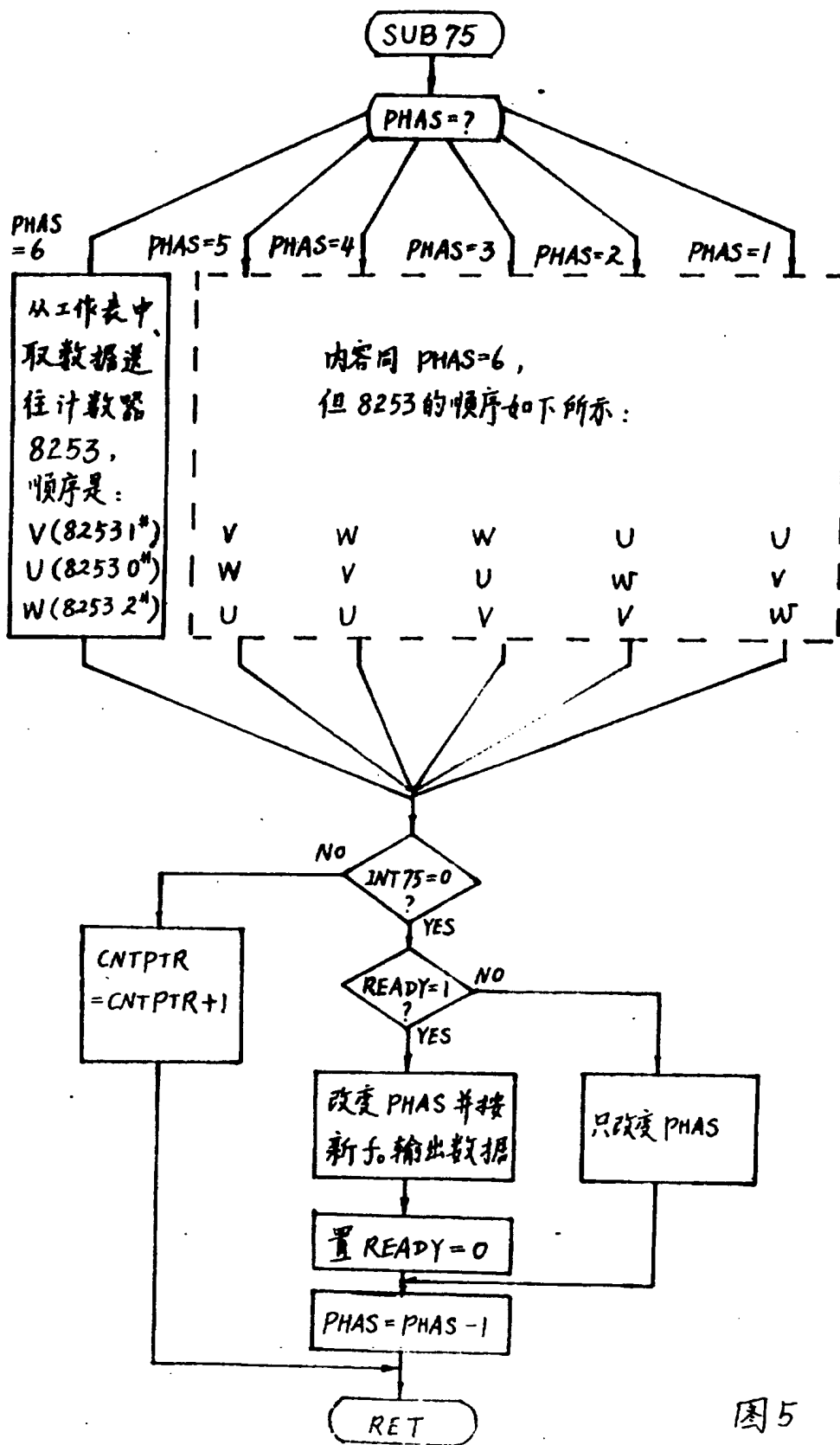


图 5

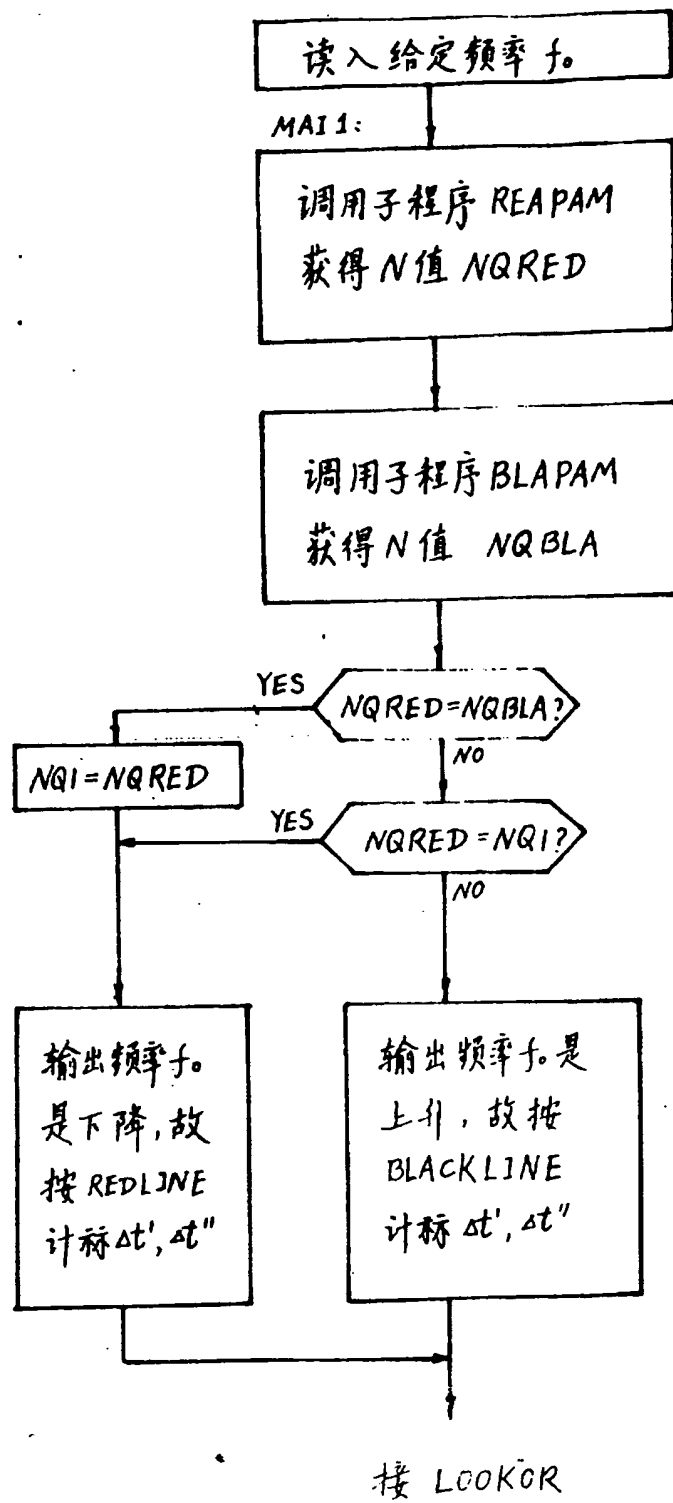
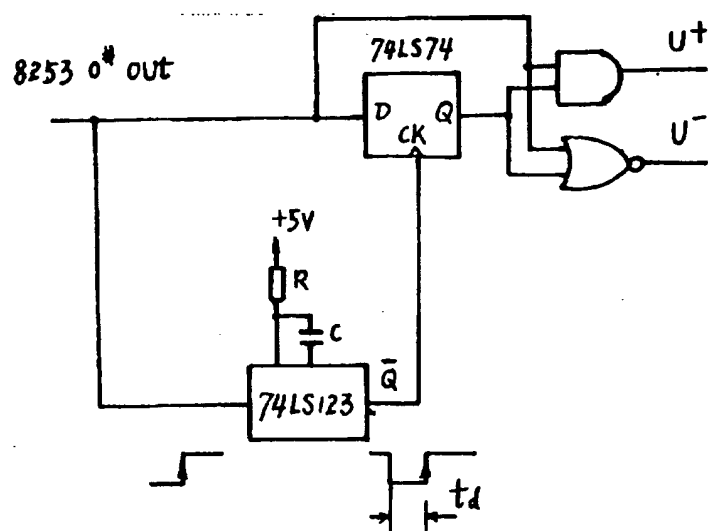
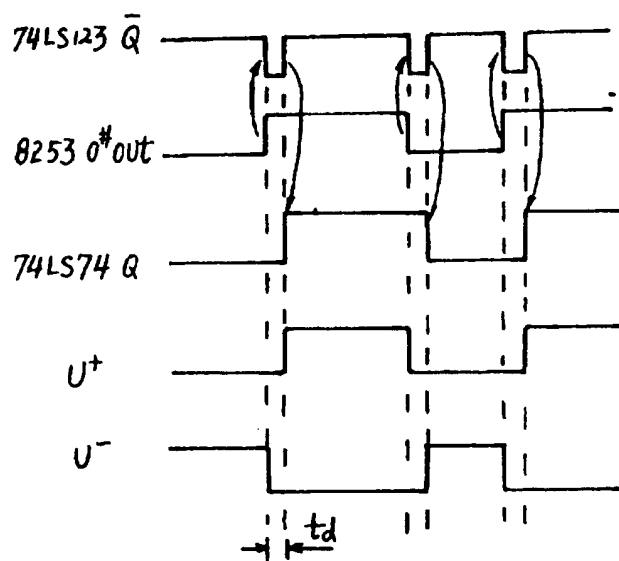


图 6



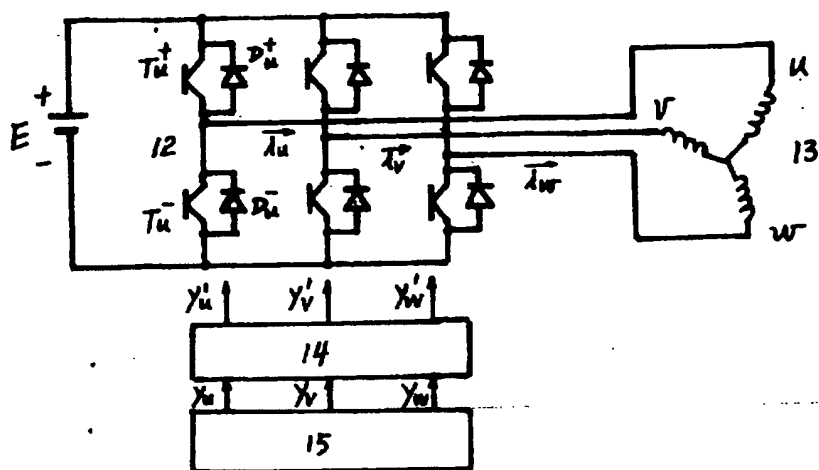


a)

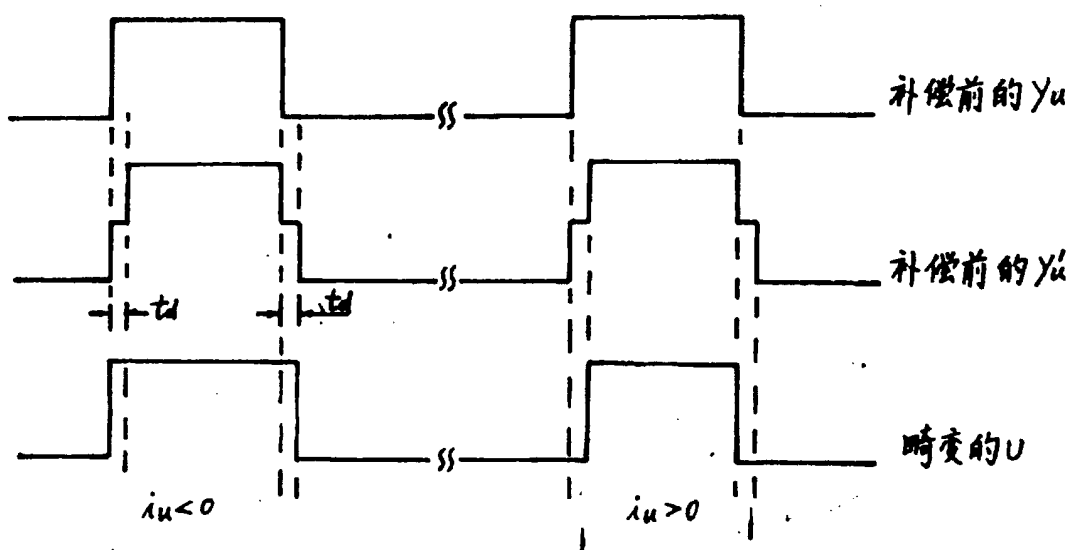


b)

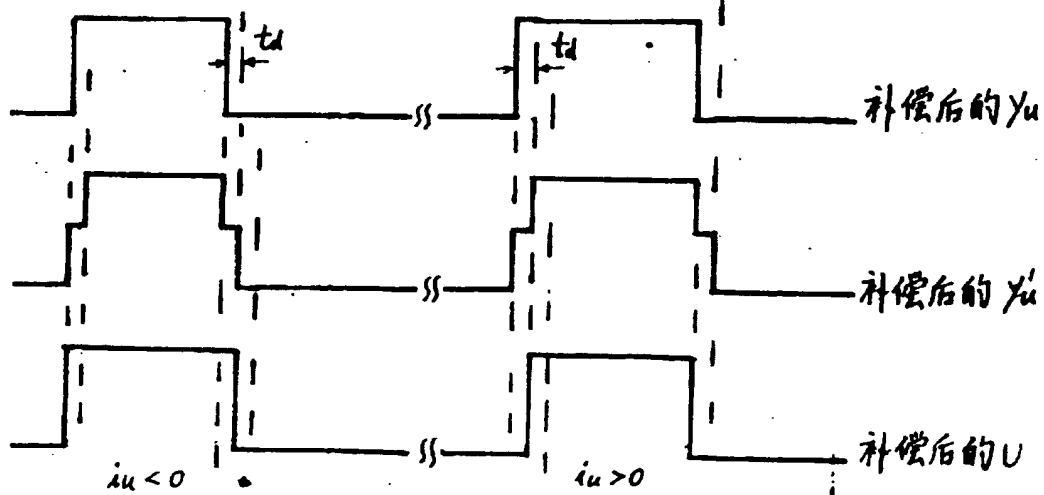
图 7



a)



b)



c)

图 8

$$N = f_s / f_0 = 9, \varphi = 30^\circ \sim 90^\circ$$

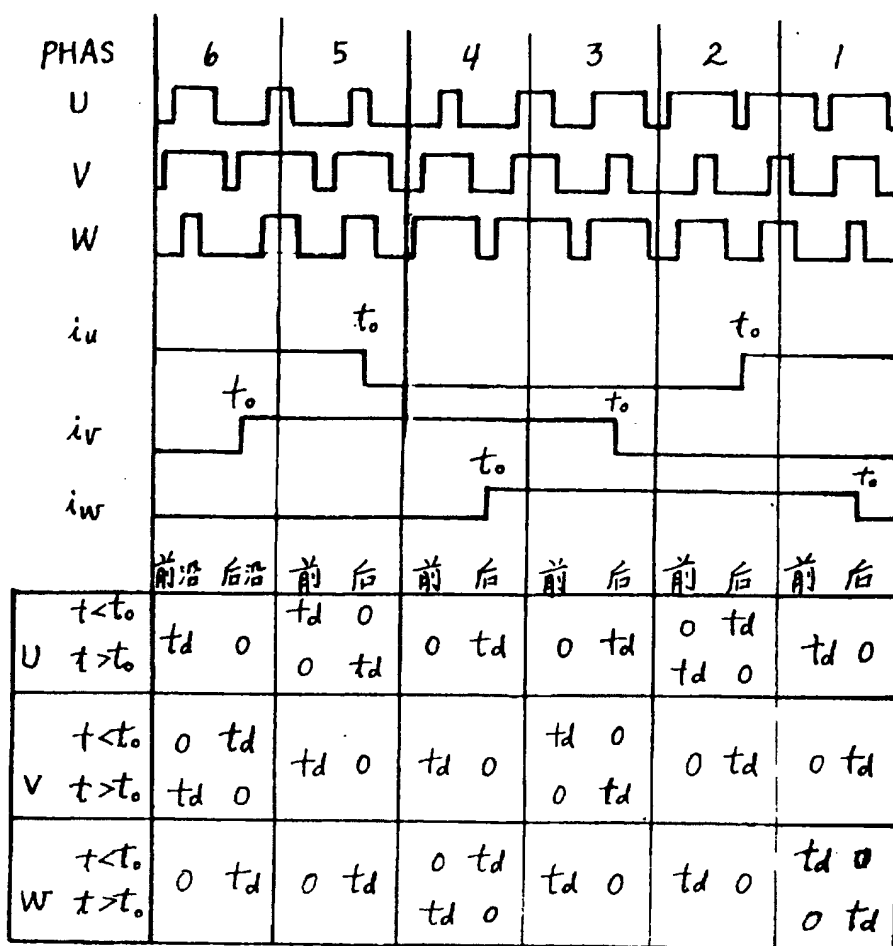


图 9

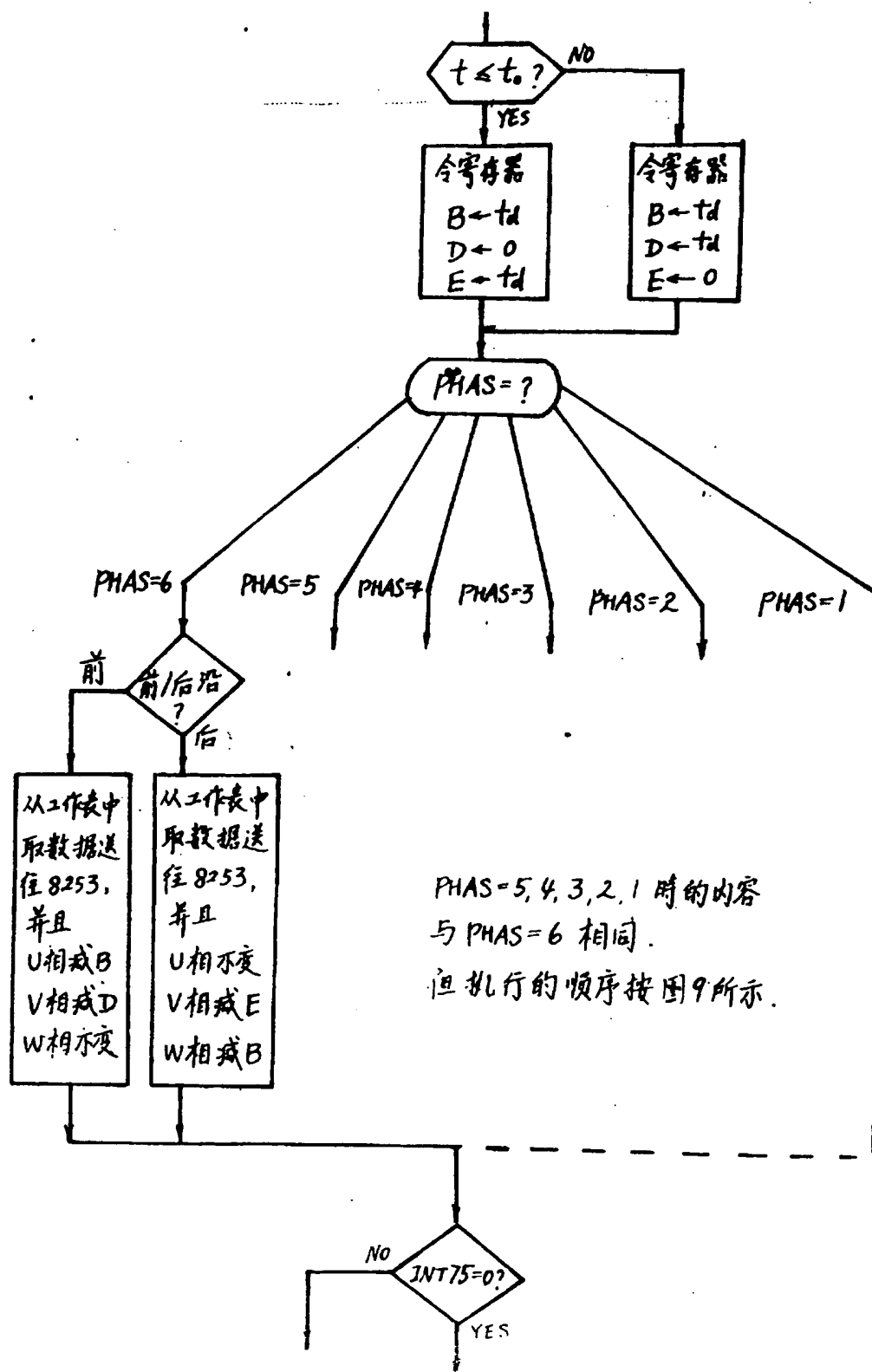


图 10

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☐ FADED TEXT OR DRAWING
- ☐ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☒ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**